

MEDIDA DE ATENUACION EN GUIAS DIELECTRICAS MEDIANTE ANALISIS DE IMAGENES DIGITALES

Juan Nemífa, Fernando Canal, Jordi Hernandez y Mauricio Moreno
Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions
ETSE Telecomunicació. U.P.C. Apt. 30002.08080 Barcelona

ABSTRACT

In this work we present a new and simple measuring technique of atenuation in dielectrical waveguides based on digital image analysis of laser beam propagation, along with a first attempt to automate this method.

INTRODUCCION

La medida de la atenuación en guías dieléctricas es una cuestión fundamental y un primer paso en la caracterización de las mismas si se desea implementar dispositivos sobre ellas y sin embargo no se ha desarrollado todavía un método que sea a la vez fiable, fácil, rápido y no destructivo.

El método de acoplo End-Fire, en el que el haz se acopla directamente en una de las caras laterales de la capa guiante midiéndose la potencia entrante y la saliente por la cara opuesta es muy exacto, pero exige una gran precisión en la orientación del haz y es destructivo, ya que la medida debe realizarse para distintas longitudes de guía y para ello es necesario cortar la misma(1).

Otro sistema, en el que la luz se introduce en el interior de la capa guiante mediante un prisma, que se mantiene fijo durante todo el experimento, y se miden las diferentes potencias de salida de la luz desacoplada por un segundo prisma, que va situándose en distintas posiciones a lo largo del haz, no es destructivo como el anterior, pero es más inexacto, ya que es difícil conseguir la misma eficiencia de desacoplo en todos los puntos en que se sitúa el segundo de los prismas y más lento(2).

El mismo sistema de acoplo por prisma se utiliza en otro método en el que un conjunto de lentes concentran la luz procedente de una pequeña porción del haz sobre un sensor óptico y todo ello va desplazándose a lo largo del mismo para obtener así una relación potencia-desplazamiento, y aunque no presenta ninguno de los inconvenientes de los anteriores, continúa siendo lento y exige precisión en el desplazamiento del conjunto(3).

Por último otro método, que por su planteamiento tiene muchas semejanzas con el que presentamos, consiste en obtener una fotografía del haz propagándose en la guía y realizar un análisis fotométrico de la misma posteriormente, pero presenta el inconveniente de no ser un método de "tiempo real"(4).

Debido a las diferentes carencias que presentan los métodos conocidos hasta ahora hemos intentado desarrollar otro sistema, basado en el análisis y tratamiento de imágenes digitales del haz que se propaga en el interior de la capa guiante; a partir de una idea que ya fue sugerida por Okamura y sus colaboradores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Osaka (5) y que desde nuestro punto de vista presenta numerosas ventajas respecto a los reseñados anteriormente como son: rapidez, posibilidad de automatización, facilidad de montaje y una fiabilidad al menos igual a la de los otros métodos.

DESCRIPCION DEL METODO

La idea básica en la que se sustenta el método podría resumirse en lo siguiente: el conocimiento de la distribución de potencia dispersada en la superficie de separación aire-capa guiante debe proporcionar información, no sólo respecto a las

pérdidas en la guía debido al fenómeno de la dispersión (scattering), sino también, respecto a la totalidad de las mismas y respecto a otros parámetros adicionales como la uniformidad de la mencionada superficie de separación.

Dicho de otra forma, consideramos que la potencia dispersada en un punto de la superficie de separación aire-capa guiante debe ser proporcional a la potencia guiada en ese punto y a un cierto parámetro de superficie(6), que no es nuestro objetivo analizar aquí, pero que podemos afirmar será de naturaleza aleatoria y que, al ser evaluado en multitud de puntos, es posible corregir la influencia de su dispersión.

Asumido lo anterior, el problema se centra en obtener la distribución de potencia dispersada a lo largo de la zona donde se distribuye el haz. Para ello utilizamos un tubo de cámara de TV tipo vidicon enfocando la guía, cuya salida es enviada a un controlador de video, la señal del cual constituye la entrada de una tarjeta digitalizadora de imágenes, alojada en un slot de expansión de un ordenador personal, cuya salida se dirige a un monitor de TV, donde se visualiza la imagen, y es accesible y modificable, a través del ordenador, mediante un conjunto de funciones de tratamiento de imágenes que incorpora la tarjeta.

El equipo descrito (figura 1) nos permite obtener imágenes digitales de la zona de propagación con 256 niveles distintos de gris y con una resolución espacial de 512x512 puntos, procesarlas en tiempo real o almacenarlas en disco para su análisis posterior.

La relación nivel de gris potencia es función de la sensibilidad de la cámara, regulable a través del controlador de video, y de la ganancia, que puede equipararse al brillo, y el offset, que podemos asociarlo al contraste.

La relación distancia en pixels distancia real ha de cuantificarse posteriormente.

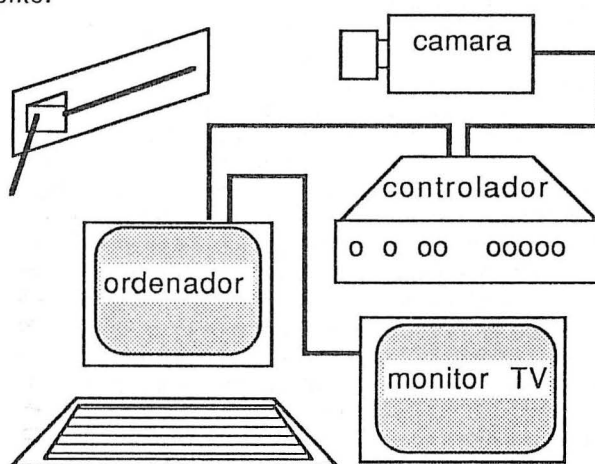


Figura 1. Montaje experimental

VENTAJAS DEL SISTEMA

El sistema ofrece, desde nuestro punto de vista, un conjunto de ventajas respecto a los ya mencionados en lo que se refiere a los siguientes aspectos:

-Obtiene información respecto a la distribución de potencia guiada en dos direcciones, por lo que no sólo tiene aplicación en la medida de atenuación, sino también en la verificación de comportamientos teóricos de dispositivos como las guías en Y, por poner un ejemplo.

-La obtención de los datos es rápida y puede ser automatizada. En este sentido se ha desarrollado un algoritmo de tratamiento de imágenes que, para las guías de Niobato de Litio en concreto, realiza de forma automática la localización del haz en el conjunto de la imagen y el cálculo del perfil de niveles de gris, integrados en la dirección transversal, a lo largo de toda la zona de propagación.

-Los componentes mecánicos del sistema no son críticos en la medida, lo cual incide en su fiabilidad

-En un breve espacio de tiempo puede obtenerse multitud de imágenes de la misma situación (del orden de 100 por minuto), promediar los valores de iluminación de cada imagen en la zona de interés, disminuyendo de esta forma la influencia del ruido eléctrico en la medida.

LOCALIZACION AUTOMATICA DEL HAZ EN EL SENO DE UNA IMAGEN

Con la intención de automatizar la medida en el mayor grado posible desarrollamos un programa de tratamiento de imágenes que localiza la zona de propagación del haz dentro del conjunto de la imagen.

El proceso de decisión se basa en una serie de segmentaciones sucesivas que van reduciendo en cada paso la región de la imagen (fig 2) donde existe la posibilidad de que se encuentre el haz.

La primera de las segmentaciones elimina todos los pixels con nivel de gris menor que un cierto umbral, obtenido a partir del análisis del histograma y consigue con ello "aislar", del resto de la imagen, la guía; en la que sabemos ha de estar confinado el haz (fig 3).

La presencia de ruido no nos permite asegurar que los pixels resultantes de esta primera segmentación pertenezcan en su totalidad a la guía, por ello se aplica un algoritmo de búsqueda de contornos a la imagen resultante y se eliminan todos los pixels exteriores al mismo (fig 4), proceso que da como resultado:

El conocimiento del contorno de la guía, es decir, de un conjunto de pixels que, con seguridad contiene los puntos de entrada y de salida del haz.

La eliminación de la imagen de todo elemento exterior a la guía.

El siguiente paso es un conjunto de segmentaciones en una serie de ventanas verticales, consecutivas en el sentido horizontal, de altura igual a la totalidad de la imagen y ancho 20 pixels que, gracias a que el haz forma ángulos pequeños con la horizontal, dejan en la imagen, únicamente, aquellos pixels que, por pertenecer al haz, tienen los valores más altos de nivel de gris en cada una de las ventanas y aquellos otros que, debido al ruido, toman un valor de nivel de gris semejante (fig 5).

Para eliminar dichos pixels y dejar en la imagen solamente aquellos que pertenezcan al haz se hace un "filtrado posicional" que es posible gracias, otra vez, a que aquel forma ángulos pequeños con la horizontal. El "filtrado" consiste en evaluar en una serie de ventanas horizontales, consecutivas en sentido vertical, del ancho igual a la totalidad de la pantalla y 10 pixels de alto, el número de pixels no nulos. Como los puntos del haz estarán agrupados, mientras los ruidosos estarán aislados; cuando una ventana contiene menos pixels no nulos que un cierto umbral, todos ellos son eliminados, obteniendo de esta forma una imagen en la que los únicos pixels cuyo nivel de gris es distinto de 0 son aquellos que pertenecen al haz (fig 6).

Los puntos así obtenidos son interpolados por una recta que, obviamente, es la dirección de propagación y la intersección de la misma con el contorno de la guía encontrado previamente es el segmento donde se encuentra el haz.

Podemos obtener perfiles de nivel de gris a lo largo de este segmento y de otros paralelos a él para una o varias imágenes, promediando resultados, consiguiendo con ello una distribución en una o dos dimensiones, según interese (fig 7).

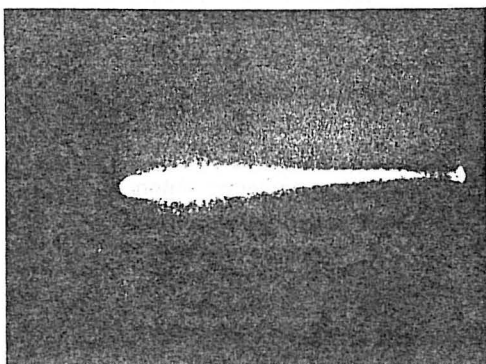


figura 2

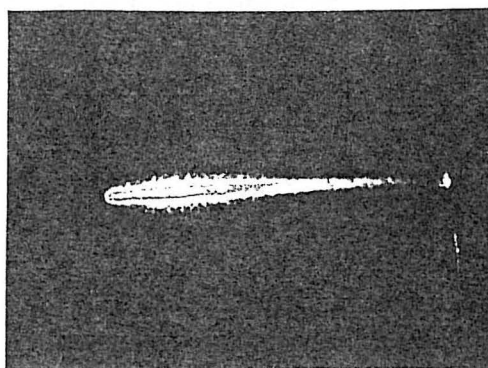


figura3

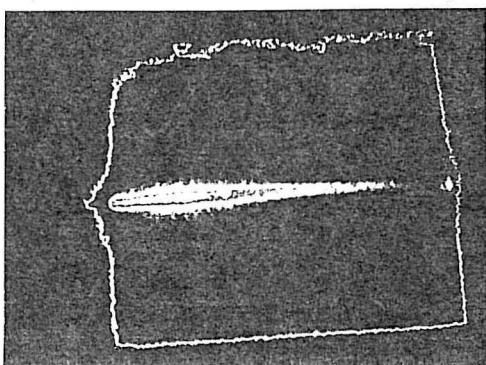


figura 4

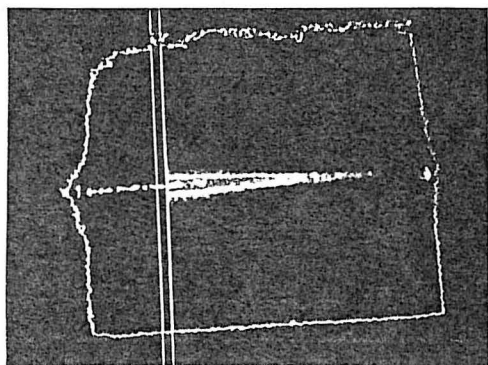


figura 5

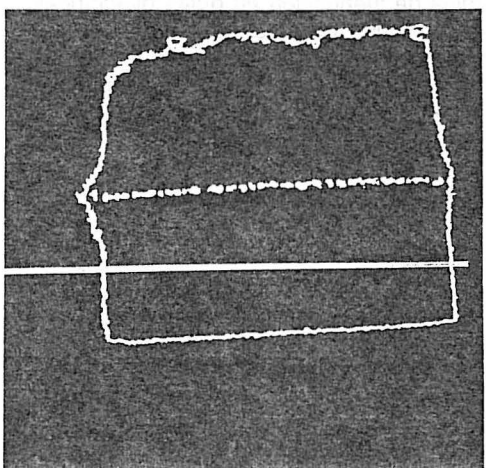


figura 6

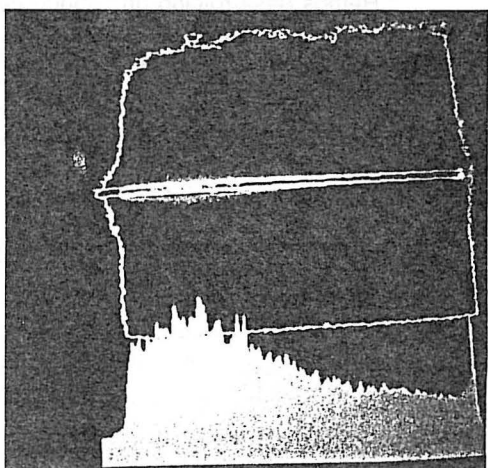


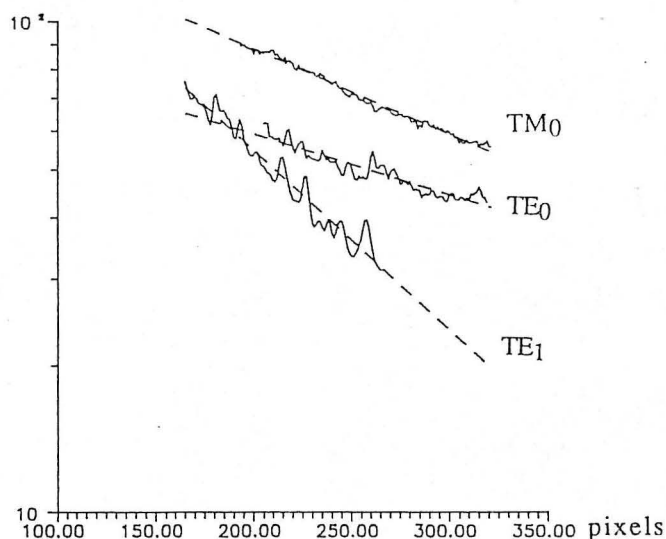
figura 7

INTERPRETACION DE LOS DATOS OBTENIDOS

La información obtenida consistente en un mapa de distribución de niveles de gris ha de traducirse a otro mapa de distribución de niveles de potencia para poder extraer resultados sobre atenuación con la precisión que se busca. En este sentido se precisa realizar un trabajo de caracterización de la respuesta del conjunto cámara-controlador de video-conversor A/D en función de los distintos parámetros que pueden variar en la toma de la imagen.

RESULTADOS

Se ha medido la atenuación de los modos TE₀, TE₁ y TM₀ de una guía Y-CUT de Ti-LiNbO₃ para una longitud de onda de 632,8 nm. Las atenuaciones obtenidas para los modos mencionados resultaron ser 2.83, 8.36 y 3.98 dB/cm respectivamente.



CONCLUSIONES

Hemos desarrollado un método de medida de atenuación en guías dieléctricas que se muestra como mas rápido, poco sensible a los parámetros mecánicos del montaje, y por tanto mas fiable, y además no destructivo. Se ha buscado aprovechar las posibilidades de automatización que ofrece el método y a tal efecto se ha implementado un algoritmo de tratamiento de imágenes, para el caso concreto del Niobato de Litio, que se ha aplicado con éxito a un número razonable de imágenes.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Aurelio Martin Joven Proyecto de fin de carrera 1989
- (2) P. K. Tien APPLIED OPTICS November 1971
- (3) F. Zernike, J. W. Douglas and D. R. Olson, Opt. Soc. Am. 61.678 1971
- (4) (5) Yasyuki Okamura, Shinji Yoshinaka and Sadahiko Yamamoto
APPLIED OPTICS Vol 22, No 23 1983
- (6) P. K. Tien APPLIED OPTICS Vol 10 No. 11 1979